

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

СУКМАНЮК СЕРГІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК 621.38.002

**КОРЕКЦІЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ В ОДНОКАСКАДНИХ
ЕЛЕКТРОННИХ ПУСКОРЕГУЛЮЮЧИХ АПАРАТАХ ДЛЯ
ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП**

8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль
2017

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
світлотехніки та електротехніки
Лупенко Анатолій Миколайович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри
енергозбереження та енергетичного менеджменту
Тарасенко Микола Григорович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 9^{.00} годині на засіданні експертної комісії №42 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46006, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46а, навчальний корпус №7, ауд. 504.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Для живлення сучасних розрядних джерел світла, до яких відносять люмінесцентні, широко використовуються електронні пускорегулювальні апарати (ЕПРА), які працюють на високих частотах (35-100 кГц і вище). Високочастотне живлення люмінесцентних ламп має суттєві переваги у порівнянні із їх живленням від промислової мережі, а саме: зростає на 10-15% світлова віддача, покращується якість освітлення та масо-габаритні показники, усуваються акустичні шуми, з'являється можливість регулювання світлового потоку в широких межах і т.п. З іншого боку, для забезпечення високої якості споживаної електроенергії необхідно підтримувати високе значення коефіцієнта потужності, який визначається, як відношення активної потужності до повної потужності ЕПРА. Для цього в ЕПРА вводять додатковий каскад коректора потужності, що збільшує вартісні показники таких ЕПРА.

У випадку роботи вихідного резонансного інвертора ЕПРА синхронно із роботою коректора коефіцієнта потужності з'являється можливість використання спільного блоку керування такими вузлами ЕПРА, що зменшує обсяг його електронних компонентів і покращує техніко-економічні показники.

Тому дослідження структур таких однокаскадних ЕПРА є актуальною науково-практичною задачею, яка потребує свого вирішення, не зважаючи на цілий ряд наукових публікацій, присвячених цій тематиці, що і визначила напрямок досліджень такої дипломної роботи.

Мета роботи: розробка та моделювання однокаскадної схеми ЕПРА із корекцією коефіцієнта потужності.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення параметрів електричної енергії в колах живлення та керування розрядними джерелами світла.

Предмет дослідження: методи побудови, структури та імітаційні моделі високочастотних однокаскадних ЕПРА з коректором коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп.

Методи дослідження: аналітичні та чисельні методи аналізу електричних кіл, спектрального аналізу, імітаційне моделювання пристроїв силових електроніки.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано аналітичні співвідношення параметрами резонансного інвертора напруги високочастотного ЕПРА та напругою і струмом люмінесцентної лампи, як його навантаження, що дає змогу вибрати раціональні значення цих параметрів;
- проаналізовано електричні режими високочастотного коректора коефіцієнта потужності, виконаного на базі знижувального перетворювача постійної напруги, що дало змогу проводити вибір компонентів схеми такого коректора;
- виконано імітаційне моделювання однокаскадної структури ЕПРА з коректором коефіцієнта потужності, результати якого показують, що такий ЕПРА забезпечує вимоги стандарту МЕК ІЕС 1000-3-2 щодо коефіцієнта потужності;
- досліджено аналітичні зв'язки між параметрами коректора коефіцієнта потужності та резонансного інвертора, які працюють синхронно під дією

спільного сигналу керування, у результаті чого показано можливість забезпечення нормативних умов функціонування ЕПРА як навантаження мережі та люмінесцентних лампи як навантаження ЕПРА;

- розглянуто питання застосування інформаційних технологій при проектуванні ЕПРА, охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

Отримані результати:

- проаналізовано особливості ЕПРА для люмінесцентних ламп;
- проаналізовано структури одно-, дво- та трикаскадних ЕПРА та здійснено їх порівняльний аналіз;
- розглянуто принципи побудови однокаскадної структури ЕПРА;
- проаналізовано методи підвищення коефіцієнту потужності;
- виконано моделювання однокаскадної структури ЕПРА із корекцією коефіцієнта потужності;
- розглянуто питання економічної ефективності даної розробки, охорони праці та екології.

Практичне значення отриманих результатів.

Проаналізована та змодельована структура однокаскадних ЕПРА з корекцією коефіцієнта потужності, виконаного на базі знижувального перетворювача постійної напруги забезпечує коефіцієнт потужності близький до 1 при зменшенні його вартісних показників у порівнянні із традиційними ЕПРА. Впровадження такого ЕПРА дасть змогу зменшити втрати в мережі, підвищити якість споживаної електроенергії та збільшити термін служби комплекту ЕПРА – люмінесцентна лампа.

Апробація. Окремі результати роботи публікувалися у збірнику тез V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 17-18 листопада 2016 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 105 арк. формату А4, графічна частина – 11 аркушів формату А4

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглянуто актуальність вибраного напрямку досліджень, мету та методи дослідження, об'єкт та предмет дослідження, новизну та практичну цінність результатів дослідження.

В аналітичній частині проведено аналіз особливостей ЕПРА для розрядних джерел світла та аналіз люмінесцентних ламп як навантаження у пристроях їх живлення та керування.

У науково-дослідній частині виконано дослідження принципів побудови однокаскадного ЕПРА та проведено аналіз ЕПРА зі знижувально-підвищувальним коректором коефіцієнту потужності.

У технологічній частині проведений аналіз структури ЕПРА та його вузлів, обґрунтовано вибір однокаскадної структури ЕПРА, наведені основні методи

корекції коефіцієнту потужності та сформульовано науково-прикладні задачі дослідження.

У проектно-конструкторській частині проведено імітаційне моделювання системи живлення та здійснено розрахунки коефіцієнту потужності для схеми ЕПРА із корекцією потужності у порівнянні зі схемою без корекції потужності.

У спеціальній частині виконано аналіз напівкаскаду коректора коефіцієнта потужності, проілюстровано залежності робочої частоти, характеристичного опору та коефіцієнта заповнення від напруги живлення інвертора.

У частині «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунки техніко-економічної ефективності прийнятих рішень із впровадження описаної розробки.

У частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання впливу умов освітленості на зорову функцію людини, проаналізовано негативні виробничі фактори, що знижують продуктивність праці та здійснено аналіз питань актуальності електробезпеки та електротравматизму.

У частині «Екологія» здійснено аналіз екологічності сучасних джерел освітлення та описано тенденції розвитку сучасних джерел освітлення.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано результати роботи по розробці та моделюванню однокаскадної структури ЕПРА, підтверджено їх експериментальними даними та сформульовано переваги застосування роботи.

У графічній частині приведено схеми одно-, дво- та трикаскадної структури ЕПРА, узагальненої схеми однокаскадної структури ЕПРА, схеми імітаційних моделей з та без корекції коефіцієнта потужності та графіки результатів моделювання та обчислень, отриманих у результаті моделювання.

ВИСНОВКИ

1. Прийняті в дипломній роботі наукові та інженерні рішення дали змогу удосконалити структуру ЕПРА, зокрема коректор коефіцієнта потужності на основі знижувально-підвищувального перетворювача постійної напруги забезпечив значення коефіцієнту потужності 0,96.

2. Поєднання в однокаскадній структурі ЕПРА синхронно працюючих на високій частоті коректора коефіцієнта потужності та резонансного інвертора напруги дало змогу зменшити обсяг електронних компонентів, знизити вартісні показники ЕПРА при однокаскадному забезпеченні вимог електромагнітної сумісності.

3. Застосування системи схемотехнічного моделювання дає змогу дослідити імітаційну модель ЕПРА та отримати графіки основних залежностей напруг, струмів та спектру струму мережі, на базі яких проведено обчислення коефіцієнту гармонік та коефіцієнту потужності.

4. Результати виконаного дослідження дослідження можуть бути впровадженні у навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла».

5. Розрахунки економічної ефективності показують доцільність впровадження технічних рішень у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ

1. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 197 с.

АНОТАЦІЯ

Сукманюк С. В. Корекція коефіцієнту потужності в однокаскадних електронних пускорегулюючих апаратів для люмінесцентних ламп.

8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2017.

У дипломній роботі виконано аналіз, розробку та моделювання однокаскадної структури ЕПРА із корекцією коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп, яка забезпечує коефіцієнт потужності близький до 1, покращує якість електроенергії в мережі та підвищує термін експлуатації люмінесцентних ламп.

Ключові слова: ВИСОКОЧАСТОТНІ ЕПРА, ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ЛАМПА, ОДНОКАСКАДНА СТРУКТУРА, РЕЗОНАНСНИЙ ІНВЕРТОР, КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ.

ANNOTATION

Sukmanyuk S. Power factor correction in single-stage electronic ballasts for fluorescent lamps.

8.05070105 «Lighting engineering and light sources». – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2017.

The analysis, development and simulation of single-stage electronic ballast structure for fluorescent lamps with power factor correction were considered. Such electronic ballast provides power factor close to 1, improves the quality of electrical grid and increases the lifetime of fluorescent lamps.

Key words: HIGH FREQUENCY ELECTRONIC BALLAST, FLUORESCENT LAMP, SINGLE-STAGE STRUCTURE, RESONANT INVERTER, POWER FACTOR CORRECTOR.